

Analisis Pengaruh Antena MIMO 2Tx2Rx Terhadap Kecepatan Akses 4G LTE

Yulita Inayatus Shiddiqah, Melania Suweni Muntini, Rino Prasetyanto, Yono Hadi Pramono
Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: melania.muntini@gmail.com

Abstrak—Telah dilakukan penelitian mengenai Analisis pengaruh antena MIMO 2Tx2Rx terhadap kecepatan akses 4G LTE yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan kecepatan akses atau nilai *throughput* secara teori dan nilai *throughput* di lapangan, serta mengetahui pengaruh perbedaan lebar pita frekuensi (*Bandwidth*) pada antena MIMO 2Tx2Rx terhadap nilai *throughput* yang dihasilkan. Lokasi penelitian berada di Surabaya di daerah Kertajaya Indah dan Kampus ITS Surabaya. Dalam penelitian ini digunakan 3 data nilai *throughput*, yaitu nilai *throughput* berdasarkan perhitungan teori, berdasarkan data *Single Site Verification* (SSV), dan data *Operation Support System* (OSS).. Hasil yang didapatkan adalah Perbandingan nilai *throughput* di lapangan tidak ada yang dapat mencapai target nilai *throughput* secara teori. Nilai *error* pada data SSV untuk *bandwidth* 10 MHz adalah 63% sedangkan pada *bandwidth* 15 MHz adalah 48%. Untuk data OSS nilai *error* pada *bandwidth* 10 MHz adalah 92% dan *bandwidth* 15 MHz adalah 89%. ini disebabkan banyaknya faktor yang diabaikan ketika menghitung nilai *throughput* secara teori. Faktor – faktor tersebut diantaranya: interferensi sinyal, *noise*, ketinggian dan posisi antena, dll. Semakin lebar pita frekuensi yang digunakan oleh suatu jaringan semakin baik pula nilai *throughput* yang dihasilkan. Dengan kenaikan sebesar 27.9% untuk konfigurasi MIMO 2Tx2Rx. Jumlah jaringan dengan *bandwidth* 15 MHz lebih sedikit dibandingkan dengan jaringan yang menggunakan *bandwidth* 10 MHz. sehingga pada saat tertentu nilai *throughput bandwidth* 10 MHz lebih tinggi dibandingkan nilai *throughput* pada *bandwidth* 15 MHz.

Kata Kunci—antena MIMO, *bandwidth*, *throughput*, kecepatan akses, pita frekuensi.

I. PENDAHULUAN

Perangkat telekomunikasi berangsur-angsur menjadi kebutuhan primer bagi setiap individu. Perangkat telekomunikasi telah bertransformasi dari ukuran yang cukup besar menjadi ukuran yang lebih mudah untuk digenggam. Perangkat telekomunikasi menghubungkan dua individu dengan jarak ratusan kilometer, bahkan tidak hanya bertukar suara ataupun pesan singkat, perkembangan teknologi yang pesat memungkinkan kita untuk bertukar foto maupun video. Untuk dapat memenuhi kebutuhan pengguna, teknologi seluler terus diperbaharui dan dikembangkan untuk menyediakan internet dengan kecepatan yang lebih baik. Dari 2G, 3G, 3.5G, hingga teknologi seluler yang terbaru yaitu 4G LTE.

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership project* (3GPP) untuk memperbaiki standar *mobile phone* generasi ke-3 atau (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dari sebelumnya yaitu UMTS atau (3G) dan HSPA (3.5G)

yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 atau (4G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2Mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 42 Mbps (DC-HSDPA) pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*, pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*.

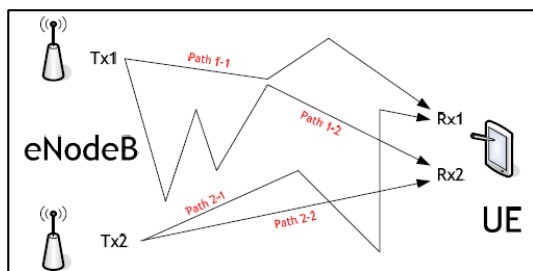
Long Term Evolution (LTE) diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari *Long Term Evolution* (LTE) selain dari kecepatannya dalam transfer data juga dapat memberikan jangkauan area yang lebih luas dan kapasitas layanan yang lebih besar, arsitektur sederhana yang mengakibatkan biaya operasional yang rendah, mendukung pengguna *multiple antenna*, fleksibilitas dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada.^[3]

Penggunaan lebar pita frekuensi atau *Bandwidth* pada LTE dapat divariasikan antara 1.4, 3, 5, 10, 15 dan 20 MHz. Pada LTE, juga digunakan beberapa konfigurasi antena. Salah satunya adalah antena *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) 2Tx2Rx dengan antena transmisi sebanyak 2 buah dan antena penerima sebanyak 2 buah. Perbedaan lebar pita frekuensi yang digunakan dalam satu konfigurasi antena ini dapat mempengaruhi besarnya kecepatan akses atau nilai *throughput* yang akan diterima oleh pengguna. Maka dalam penelitian ini akan dianalisis pengaruh perbedaan nilai *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz pada antena MIMO 2Tx2Rx LTE terhadap kecepatan akses yang dihasilkan.

Sistem komunikasi radio modern harus menyediakan kecepatan pengiriman data yang semakin tinggi. Pada metode konvensional dapat dilakukan dengan menambah *bandwidth* atau tipe modulasi yang diperbarui. Metode baru dari saluran transmisi telah digunakan, salah satunya adalah MIMO yang memberikan peningkatan laju data dan kapasitas saluran.

MIMO adalah *Multiple-Input Multiple-Output*, yang berarti bahwa sistem MIMO menggunakan lebih dari satu antena transmisi (Tx) untuk mengirim sinyal dengan frekuensi yang sama untuk lebih dari satu antena penerima (Rx). MIMO adalah bagian paling penting dari LTE untuk meningkatkan kecepatan transfer data dan kapasitas sistem secara keseluruhan. MIMO dapat berkembang dalam kondisi sinyal yang dipantulkan oleh lingkungan. Dibawah kondisi penyebaran, sinyal dari Tx yang berbeda akan menggunakan *multipath* untuk menuju *user equipment* (UE) pada waktu yang berbeda. Seperti terlihat pada gambar 2.3. Agar mencapai *throughput* yang diinginkan, dalam sistem LTE operator

harus mengoptimalkan kondisi *multipath* jaringan pada MIMO, baik itu rich *scattering conditions* dan SNR tinggi untuk setiap sinyal *multipath*. Proses optimalisasi ini membutuhkan pengukuran yang akurat dari berbagai kondisi *multipath* agar mencapai kondisi terbaik dan menghindari waktu serta biaya dari *guesswork*. Dengan pengukuran yang tepat, sistem MIMO yang optimal dapat memberikan *throughput* yang lebih baik tanpa tambahan biaya meskipun ada penambahan spektrum atau *eNodeB*.



Gambar 1.1 Antena MIMO 2Tx2Rx. [2]

Dalam jaringan *wireless* dan radio, sinyal dikirim dalam bentuk gelombang. Kemudian muncullah konsep *bandwidth* yang berarti perbedaan dari frekuensi terendah dan frekuensi tertinggi dari sinyal.

Salah satu parameter yang digunakan untuk menyatakan kualitas layanan (QoS) Jaringan 4G LTE adalah *throughput*. *Throughput* menyatakan kecepatan pengiriman data yang secara aktual sukses diterima oleh aplikasi pada sisi tujuan.

Aspek utama *throughput* yaitu berkisar pada ketersediaan *bandwidth* yang cukup untuk menjalankan suatu aplikasi. Hal ini menentukan besarnya trafik yang dapat diperoleh suatu aplikasi saat melewati jaringan. Aspek penting lainnya adalah *error* (pada umumnya berhubungan dengan *link error rate*) dan *losses* (berhubungan dengan kapasitas *buffer*).

Pada suatu aplikasi tertentu dapat terjadi pengurangan laju trafiknya sebagai respon terhadap indikasi *throughput* yang rendah, yang disebabkan oleh kurangnya ketelitian dari skema pengkodean.^[4]

Untuk sistem jenis apapun, *throughput* dihitung sebagai simbol per detik. Lalu di konversikan menjadi bit perdetik tergantung pada berapa banyak bit yang dibawa oleh sebuah simbol. Pada LTE untuk 20 MHz, terdapat 100 *Resource Block* dan setiap *Resource block* mempunyai $12 \times 7 \times 2 = 168$ Simbol per ms dalam *cyclic prefix* yang normal. Sehingga terdapat 16800 Simbol per ms atau 16800000 Simbol per detik atau 16.8 Msps. Jika modulasi yang digunakan 64QAM (6 bit per simbol) maka nilai *throughput* $16.8 \times 6 = 100.8$ Mbps untuk satu rantai. Untuk sistem LTE dengan MIMO 4x4 (4T4R) atau sama dengan 4 Tx 4 Rx, *throughput* akan menjadi 4 kali lipat untuk satu rantai sehingga akan menjadi 403.2 Mbps. Banyak simulasi dan penelitian menunjukkan bahwa terdapat 25% yang digunakan untuk *Controlling* dan *signalling*. Maka *throughput* yang efektif 300 Mbps. 300 Mbps adalah jumlah untuk *downlink* dan tidak *valid* untuk *uplink*. Pada *uplink* hanya ada satu rantai transmisi pada akhir UE. Sehingga dengan 20 MHz kita mendapatkan 100.8 Mbps sebagai *throughput* maksimal pada *uplink*. Seperti perhitungan diatas ditunjukkan adanya pengurangan 25%, sehingga *throughput* pada *uplink* adalah 75 Mbps.^[1]

II. METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian Penelitian ini adalah data *throughput* berdasarkan perhitungan secara teori, data *throughput* dari *Operation Support System* (OSS) dan data *throughput* dari *Single Site Verification* (SSV) pada lokasi penelitian yang telah ditentukan. Microsoft Excel, paint, notepad, dan Software Photoshop cs6.

Lokasi pengambilan data Penelitian ini akan dilaksanakan di PT. XL Axiata Tbk. yang beralamat di Jl. Pemuda No. 94 - 98 Surabaya. Waktu dan lama pengambilan data ± 2 bulan, dimulai dari 1 Maret 2016 sampai dengan 30 April 2016. Data yang digunakan dalam penelitian Penelitian ini adalah data *throughput* dari *cluster* S-08 yang terdiri dari 4544334E LTE ITS Surabaya dan 4544333E LTE Kertajaya Indah. Lokasi *cluster* ini dipilih karena menggunakan lebar pita frekuensi sesuai dengan batasan masalah penelitian Penelitian ini.

Setelah didapatkan data hasil nilai *throughput* dari ketiga data diatas kemudian dianalisis, lalu dibandingkan hasil *throughput*. Untuk selanjutnya dianalisa faktor – faktor apa saja yang menyebabkan nilai *throughput* dari ketiga data tersebut berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengambilan data didapatkan hasil sebagai berikut:

A. Nilai *Throughput* berdasarkan perhitungan teoritis

Tabel 3.1 Nilai *throughput* berdasarkan perhitungan teoritis

Bandwidth (MHz)	Config Antenna	Throughput Downlink (Mbps)	Throughput Uplink (Mbps)
15	MIMO 2Tx2Rx	151.2	151.2
10	MIMO 2Tx2Rx	75.6	75.6

Pada tabel 3.1 dapat dilihat bahwa pada konfigurasi antena MIMO 2Tx2Rx nilai *throughput downlink* dan nilai *throughput uplink* bernilai sama. Itu disebabkan jumlah antena transmisi dan jumlah antena penerima sama. Nilai *throughput* 151.2 Mbps merupakan nilai *throughput uplink* maksimal jika perangkat *User* menggunakan 2 antena. Namun, jika perangkat *User* hanya menggunakan 1 antena penerima, maka nilai *throughput* yang didapatkan adalah 75.6 Mbps.

Perbedaan lebar pita frekuensi memberikan perbedaan nilai *throughput* yang signifikan. Ibaratkan sebuah jalan raya, lalu lintas akses data internet dari MME menuju *eNodeB* atau sebaliknya dimisalkan kendaraan yang lalu lalang, lebar pita frekuensi menunjukkan lebar jalan raya tersebut. Semakin lebar jalan raya maka akan semakin banyak kendaraan yang dapat melalui jalan tersebut. Maka semakin lebar spektrum pita frekuensi tersebut semakin banyak *user* yang dapat melakukan akses data. Semakin banyak data yang diakses akan meningkatkan nilai *throughput*.

Dari tabel 3.1 juga dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *throughput downlink* lebih besar dibandingkan dengan nilai *throughput uplink*. Pada akses *downlink* digunakan teknik akses *Orthogonal Frequency Division Modulation Access* (OFDMA), sedangkan pada *uplink* digunakan teknik akses *Single Carrier Frequency*

Modulation Access (SC-FDMA). Pada LTE digunakan pendekatan *orthogonality* diantara transmisi yang berbeda untuk menciptakan *sub-carrier* yang tidak mengganggu satu sama lain, meskipun spektrum masih tumpang tindih dalam *domain* frekuensi. *sub – carrier* yang berdekatan memiliki nilai nol. Saat itulah dilakukan sampling dari *sub – carrier* yang diinginkan. OFDMA memiliki kelemahan yaitu nilai *Peak Average Power Ratio* (PAPR) yang masih tinggi. Sehingga kurang cocok untuk diaplikasikan di sisi *uplink*. Oleh karena digunakan teknik akses SC-FDMA karena nilai PAPR yang lebih rendah karena *supply* daya menggunakan baterai. Sedangkan OFDMA *supply* daya menggunakan listrik. Karena daya adalah banyaknya energi persatuan waktu, sehingga meskipun energi pada sisi *downlink* dan *uplink* adalah sama, dayanya berbeda dikarenakan waktu yang ditempuh pada sisi *uplink* lebih lama dibandingkan pada sisi *downlink*.

B. Nilai *Throughput* berdasarkan data SSV

Untuk melihat nilai *throughput* dari sisi lapangan dapat menggunakan data *Single Site Verification* (SSV). Data SSV merupakan data sampling hasil *throughput* dari masing masing *cell* pada *site* tersebut. Hasil *throughput* dapat bervariasi sesuai dengan nilai *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR). Secara teori semakin besar nilai SINR semakin baik jaringan tersebut dan akibatnya nilai *throughput* yang dihasilkan semakin besar. Karena data SSV akan digunakan untuk membandingkan nilai *throughput* teori dan nilai *throughput* yang sebenarnya di lapangan, maka diambil nilai *throughput* terbesar yang dapat dicapai oleh *cell – cell* tersebut. Hasil data SSV ditunjukkan oleh tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Nilai *throughput* berdasarkan data SSV

Band width	eNodeB Name	Cell Name	Throughput (Mbps)
15 MHz	4544333E_LT E_KERTAJA YA_INDAH	Downlink SB4G18_4544333E_4	76.61649
		Downlink SB4G18_4544333E_5	76.48341
		Downlink SB4G18_4544333E_6	77.18601
		Uplink SB4G18_4544333E_4	34.02006
		Uplink SB4G18_4544333E_5	27.17292
		Uplink SB4G18_4544333E_6	34.3464
		Downlink SB4G18_4544334E_4	55.64609
		Downlink SB4G18_4544334E_5	5.22696
		Downlink SB4G18_4544334E_6	35.24293
		Uplink SB4G18_4544334E_4	6.20885
		Uplink SB4G18_4544334E_5	4.74346
		Uplink SB4G18_4544334E_6	3.54484
10 MHz	4544334E_LT E_ITS_SURA BAYA		

Data diatas merupakan nilai *throughput* terbaik yang dapat dicapai oleh suatu *Cell*. Dari data tersebut ada nilai *throughput* terbaik yang dicapai oleh *Cell* karena nilai SINR yang maksimal, yaitu 30. Namun ada beberapa *Cell* yang memperoleh nilai *throughput* terbaiknya walaupun nilai SINR yang diberikan tidak maksimal. SINR adalah perbandingan antara interferensi sinyal

dengan *noise*. Ketika sebuah jaringan ingin meningkatkan kecepatan akses data maka interferensi sinyal harus ditingkatkan pula. Jika 2 buah antenna yang saling berdekatan memancarkan sinyal dengan frekuensi yang sama maka akan mengakibatkan interferensi. Interferensi gelombang terbagi menjadi 2. Interferensi konstruktif adalah ketika puncak gelombang satu bertemu dengan puncak gelombang lainnya sehingga dapat saling menguatkan. Namun dalam jaringan nirkabel, interferensi yang terjadi adalah interferensi destruktif yaitu ketika puncak gelombang satu bertemu dengan lembah gelombang lainnya. Sehingga hasil dari perpaduan gelombang ini saling melemahkan. Di wilayah sekitar tempat pemancar dengan pancaran sinyal yang kuat, *sideband* akan melebar melewati batas saluran frekuensi yang telah ditentukan sehingga mengakibatkan tabrakan dengan saluran frekuensi yang berdekatan. Hal ini dapat diatasi dengan cara memperkecil atau memperlemah sinyal yang keluar dari antenna tersebut sampai *sideband* tidak bertabrakan dengan saluran terdekat, namun konsekuensi dari tindakan ini adalah daya pancar akan menjadi lemah. Hal diatas juga dapat dihindari jika jarak antar antenna pemancar dibuat berjauhan. SINR membuat sinyal yang diterima oleh User lebih tinggi dibandingkan *noise* yang akan diterima oleh User. Banyak cara untuk meningkatkan nilai SINR. Salah satunya adalah menambah daya pancar antenna, perbaikan antenna secara berkala, penempatan antenna pada area yang memiliki sedikit halangan seperti medan listrik.

Pada LTE ITS Surabaya pada *Cell* 2 hanya menghasilkan *throughput* maksimal 5 Mbps. Ini dapat diakibatkan oleh kerusakan yang terjadi pada *Cell* 2, dengan adanya data SSV ini maka dapat diketahui *Cell – Cell* yang harus dilakukan pengecekan ulang untuk tetap menyediakan transmisi sinyal yang maksimal. Dengan konfigurasi antenna MIMO 2Tx2Rx seharusnya nilai *throughput downlink* yang dapat dicapai adalah 75.6 Mbps. Untuk *Cell* 1 dapat mencapai 55 Mbps dan *Cell* 3 mencapai 35 Mbps, meskipun tidak sesuai dengan target *throughput* secara teori tetapi nilai *throughput* ini sudah sangat baik.

Untuk sisi *uplink*, Pada LTE ITS Surabaya *Cell* 3 yaitu 3 Mbps, dan nilai *throughput* tertinggi dicapai oleh LTE Kertajaya Indah *Cell* 3 yaitu 34.3 Mbps. LTE Kertajaya Indah menggunakan konfigurasi antenna MIMO 2Tx2Rx pada *bandwidth* 15 Mhz di mana secara teori nilai *throughput uplink* seharusnya adalah 75.6 Mbps jika perangkat pengguna memiliki 1 antenna penerima, dan 151.2 Mbps jika perangkat pengguna memiliki 2 antenna penerima. Nilai *throughput* pada sisi *uplink* sangat dipengaruhi oleh perangkat yang digunakan, semakin tinggi teknologi yang digunakan oleh perangkat tersebut semakin baik sehingga meningkatkan kecepatan *upload* oleh pengguna. *Provider* hanya membantu menyediakan nilai *throughput* maksimal yang seharusnya dapat dicapai pengguna ketika melakukan unggah data. Pada sisi *uplink*, tidak ada saat yang dapat mencapai nilai *throughput* sesuai teori.

Sedangkan untuk sisi *downlink*, nilai *throughput* pada LTE Kertajaya Indah *Cell* 3 mencapai 77 Mbps, sedangkan nilai *throughput* terendah LTE ITS Surabaya *Cell* 2 dengan 5 Mbps. Kedua buah site ini menggunakan konfigurasi antenna MIMO 2Tx2Rx dengan *bandwidth*

LTE Kertajaya Indah 15 MHz, dan *bandwidth* LTE ITS Surabaya 10 MHz. seperti yang sudah disebutkan di atas, perbedaan lebar pita frekuensi berarti menunjukkan perbedaan lebar spektrum yang dapat dilalui untuk akses data. Sehingga jaringan dengan *bandwidth* yang lebih lebar dapat memberikan nilai *throughput* yang lebih baik daripada *bandwidth* yang lebih sempit.

Dari data pada tabel 3.2 dapat disimpulkan bahwa nilai *throughput* maksimal untuk *Site* LTE Kertajaya Indah pada arah *downlink* adalah 76.76197 Mbps dan arah *uplink* 31.84646 Mbps. Untuk *Site* LTE ITS Surabaya pada arah *downlink* sebesar 32.03866 Mbps dan pada arah *uplink* sebesar 4.832383 Mbps. Tidak ada *Site* yang memenuhi target nilai *throughput* sesuai teori, ini berarti bahwa untuk mencapai nilai *throughput* sesuai target bukanlah hal yang mudah. Karena terdapat banyak faktor di lapangan yang dapat mempengaruhi nilai *throughput* seperti *noise*, interferensi, dan lain lain.

C. Nilai Throughput Berdasarkan data OSS

Selain data nilai *throughput* dari SSV, nilai *throughput* di lapangan juga didapat dari *Operation Support System* (OSS). Nilai *throughput* ini adalah nilai *throughput* rata – rata Jaringan 4G XL pada bulan Maret dan April 2016. Berbeda dengan data SSV di mana *Site* berada dalam kondisi ideal untuk mendapatkan nilai *throughput* terbaik, nilai *throughput* OSS adalah nilai *throughput* *real* pada saat pelanggan XL melakukan akses data. Nilai *throughput* tersebut kemudian dirata – rata menjadi nilai *throughput* harian. Kemudian dibuatlah rata – rata kembali menjadi nilai *throughput* bulanan sebagai berikut:

Tabel 3.3 Nilai *throughput* rata – rata Maret 2016

Site Name	Bandwidth (MHz)	Cell Name	Throughput Downlink (Mbps)	Throughput Uplink (Mbps)
4544334E_LTE_IT S_SURA BAYA	10	SB4G18_45 44334E_4	10.343	0.921
		SB4G18_45 44334E_5	10.082	0.702
		SB4G18_45 44334E_6	10.476	0.996
4544333E_LTE_KE RTAJAY A_INDAH	15	SB4G18_45 44333E_4	13.378	1.455
		SB4G18_45 44333E_5	11.780	1.161
		SB4G18_45 44333E_6	10.227	0.553

Dari tabel 3.3 didapatkan nilai *throughput* *downlink* rata – rata bulan maret Untuk LTE ITS Surabaya pada arah *downlink* sebesar 10.3 Mbps, dan arah *uplink* 0.873 Mbps. Untuk LTE Kertajaya Indah pada arah *downlink* sebesar 11.795 Mbps dan arah *uplink* 1.056 Mbps.

Tabel 3.4 Nilai *throughput* rata – rata April 2016

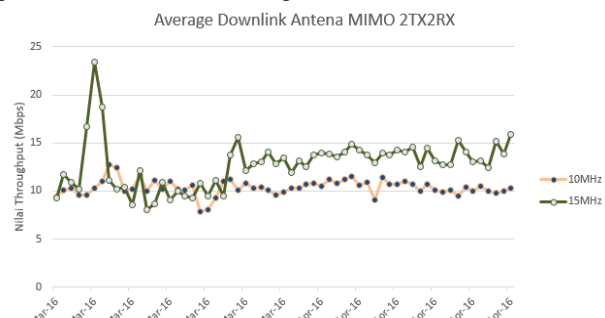
Site Name	Bandwidth (MHz)	Cell Name	Throughput Downlink (Mbps)	Throughput Uplink (Mbps)
4544334E_LTE_IT S_SURA BAYA	10	SB4G18_45 44334E_4	10.319	0.969
		SB4G18_45 44334E_5	9.993	0.584
		SB4G18_45 44334E_6	11.068	0.954
4544333E_LTE_KE RTAJAY A_INDAH	15	SB4G18_45 44333E_4	16.252	1.555
		SB4G18_45 44333E_5	13.988	1.088

H	SB4G18_45 44333E_6	10.941	0.624
---	-----------------------	--------	-------

Dari tabel 3.4 didapatkan nilai *throughput* *downlink* rata – rata bulan April Untuk LTE ITS Surabaya pada arah *downlink* sebesar 10.46 Mbps, dan arah *uplink* 0.835 Mbps. Untuk LTE Kertajaya Indah pada arah *downlink* sebesar 13.727 Mbps dan arah *uplink* 1.089 Mbps.

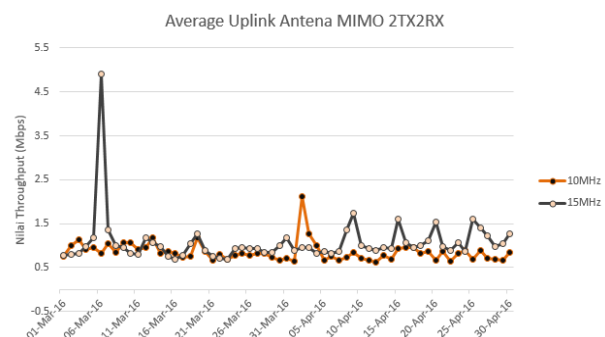
Dibandingkan dengan nilai *throughput* dari data SSV, nilai *throughput* OSS memiliki selisih yang sangat jauh. Ini dikarenakan nilai *throughput* OSS dipengaruhi oleh beberapa hal. Diantaranya adalah padatnya trafik pengguna dan situs – situs yang diakses. Jika pengguna hanya menggunakan perangkat mobile untuk melakukan chat maka tidak dibutuhkan *throughput* yang tinggi sehingga nilai *throughput* yang tercatat pada OSS akan cenderung rendah.

Untuk melihat tren nilai *throughput* selama bulan Maret sampai bulan April dibuatlah grafik berdasarkan perbedaan *bandwidth* sebagai berikut:



Gambar 3.1 Grafik perbandingan nilai *throughput* *downlink* antenna MIMO 2Tx2Rx.

Pada antenna MIMO 2Tx2Rx nilai *throughput* cenderung fluktuatif. Yaitu hampir mencapai 25 Mbps pada awal bulan Maret, Namun cenderung turun sampai akhir bulan April. Pada konfigurasi antenna ini dapat dilihat bahwa ada beberapa saat di mana nilai *throughput* untuk *bandwidth* 10 MHz sama atau melebihi nilai *throughput* *bandwidth* 15 MHz. ini dapat disebabkan oleh pengguna pada *bandwidth* 10 MHz lebih banyak sehingga akses data yang dilakukan lebih tinggi dibandingkan dengan pengguna pada *bandwidth* 15 MHz.



Gambar 3.2 Grafik perbandingan nilai *throughput* *uplink* antenna MIMO 2Tx2Rx.

Selain nilai *throughput* yang fluktuatif pada sisi *downlink*, ternyata pada sisi *uplink* juga terjadi hal yang sama. Namun kenaikan signifikan nilai *throughput* tidak hanya terjadi pada awal bulan Maret, tetapi juga terjadi selama bulan April. Pada tanggal sekitar 31 Maret 2016 sampai tanggal 5 April 2016 dapat dilihat bahwa nilai *throughput* pengguna *bandwidth* 10 MHz lebih tinggi dibandingkan dengan pengguna *bandwidth* 15 MHz.

pengguna cenderung memanfaatkan awal bulan untuk mengakses situs – situs yang membutuhkan *throughput* tinggi. Ditambah dengan jumlah pengguna *bandwidth* 10 MHz lebih banyak dibandingkan dengan pengguna *bandwidth* 15 MHz sehingga mampu menghasilkan nilai *throughput* yang lebih tinggi.

D. Perbandingan Nilai Throughput Secara Teori, data SSV, dan data OSS

Tabel 3.5 Perbedaan nilai *throughput* Maret 2016.

Bandwidth (MHz)	Sumber	Throughput Downlink (Mbps)	Throughput Uplink (Mbps)
15	Teoritis	151.2	151.2
10		75.6	75.6
15	Single Site	76.76197	31.84646
10	Verification (SSV)	32.03866	4.832383
15	Operation Support	8.302	1.015
10	System (OSS)	10.3	0.873

Tabel 3.6 Perbedaan nilai *throughput* April 2016.

Bandwidth (MHz)	Sumber	Throughput Downlink (Mbps)	Throughput Uplink (Mbps)
15	Teoritis	151.2	151.2
10		75.6	75.6
15	Single Site	76.76197	31.84646
10	Verification (SSV)	32.03866	4.832383
15	Operation Support	13.727	1.089
10	System (OSS)	10.460	0.835

Dari tabel 3.5 dan tabel 3.6 dapat dilihat bahwa nilai *throughput* pada bulan April pada sisi *downlink* lebih baik dibandingkan dengan bulan Maret. Sedangkan untuk sisi *uplink* cenderung sama. Berikut adalah hasil perhitungan error dari ketiga data nilai *throughput*:

Tabel 3.7 Nilai *error throughput* data SSV dan data OSS

Bandwidth (MHz)	Error Data SSV (%)	Error data OSS (%)
15	48.9511	89.2513
10	63.197	92.6799

Nilai *Error* pada *bandwidth* 15 MHz lebih besar dibandingkan pada *bandwidth* 10 MHz, dikarenakan teknologi jaringan yang baru dibangun sehingga kurang stabil. Pada data OSS nilai *error* di atas 80%. Nilai *throughput* yang cenderung lebih kecil karena merupakan data *throughput* aktual di lapangan serta merupakan data *throughput* rata – rata harian. Pada kasus ini ketika seorang mendapatkan *throughput* tinggi dan yang lainnya mendapatkan *throughput* rendah nilai rata – rata *throughput*nya akan menjadi kecil. Penyebab perbedaan nilai *throughput* secara teori dan nilai *throughput* di lapangan yang cukup besar karena banyaknya faktor – faktor di lapangan yang diabaikan ketika menghitung nilai *throughput* secara teori. Hal ini menyebabkan baik data SSV dan data OSS tidak ada yang mencapai target yang diharapkan.

IV. KESIMPULAN

Dari proses pengolahan data nilai *throughput* dari perhitungan secara teori, data dari *Single Site Verification* (SSV), dan data *Operation Support System* (OSS) didapatkan kesimpulan sebagai berikut; Perbandingan nilai *throughput* di lapangan tidak ada yang dapat mencapai target nilai *throughput* secara teori. Dikarenakan banyak faktor yang diabaikan ketika menghitung *throughput* secara teori. Nilai *error* pada data SSV untuk *bandwidth* 10 MHz adalah 63% sedangkan pada *bandwidth* 15 MHz adalah 48%. Untuk data OSS nilai *error* pada *bandwidth* 10 MHz adalah 92% dan *bandwidth* 15 MHz adalah 89%. ini disebabkan banyaknya faktor yang diabaikan ketika menghitung nilai *throughput* secara teori. Faktor – faktor tersebut diantaranya: interferensi sinyal, *noise*, ketinggian dan posisi antena, dll. Semakin lebar pita frekuensi yang digunakan oleh suatu jaringan semakin baik pula nilai *throughput* yang dihasilkan. Dengan kenaikan sebesar 27.9% untuk konfigurasi MIMO 2Tx2Rx. Jumlah jaringan dengan *bandwidth* 15 MHz lebih sedikit dibandingkan dengan jaringan yang menggunakan *bandwidth* 10 MHz. sehingga pada saat tertentu nilai *throughput bandwidth* 10 MHz lebih tinggi dibandingkan nilai *throughput* pada *bandwidth* 15 MHz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Melania selaku pembimbing I dan Bapak Rino selaku pembimbing II. PT. XL Axiata Tbk. Yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini. Serta pihak – pihak yang terlibat dan mendukung penyelesaian Penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rathi, Sonia., Malik, Nisha., dkk. 2014. *Throughput for TDD and FDD 4G LTE Systems*. India: Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication Pvt. Ltd.
- [2] Schindler, Schulz. 2009. *Introduction to MIMO*. Munchen: Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG.
- [3] Pratama, Wisnu., Usman, Uke., dkk., 2013. Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Menggunakan Metode Frekuensi Reuse 1, Fractional Frequency Reuse dan Soft Frequency Reuse Studi Kasus Kota Bandung. Bandung: Universitas Telkom.
- [4] Wardhana, Aditya Wisnu., 2004. *Analisa Throughput pada Jaringan GPRS PT. Telkomel Wilayah Surabaya*. Surabaya: Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.